35 BIẾN DẠNG CƠ CỦA VẬT RẮN

I – MỤC TIÊU

1. Nêu được nguyên nhân gây ra biến dạng cơ của vật rắn. Phân biệt được hai loại biến dạng : biến dạng đàn hồi và biến dạng không đàn hồi (hay biến dạng dẻo) của các vật rắn dựa trên tính chất bảo toàn (giữ nguyên) hình dạng và kích thước của chúng.

2. Phân biệt được các kiểu biến dạng kéo và nén của vật rắn dựa trên đặc điểm (điểm đặt, phương, chiều) tác dụng của ngoại lực gây nên biến dạng.

3. Phát biểu và vận dụng được định luật Húc để giải các bài tập đã cho trong bài.

4. Định nghĩa được giới hạn bền và hệ số an toàn của vật rắn. Đồng thời nêu được ý nghĩa thực tiễn của các đại lượng này.

II – CHUẨN BỊ

Giáo viên

Bản vẽ các kiểu biến dạng kéo, nén của vật rắn.

Học sinh

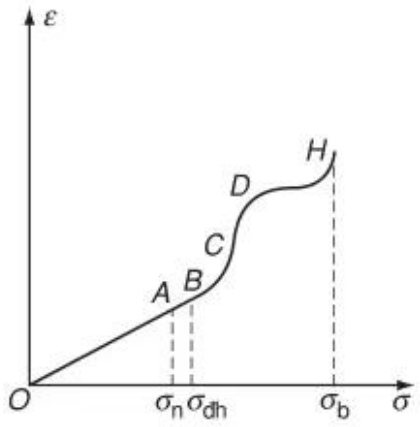
Một lá thép mỏng, một thanh tre hoặc nứa, một dây cao su, một sợi dây chì,...

III – THÔNG TIN BỔ SUNG

1. Trong bài này chỉ xét những tính chất và đặc điểm vĩ mô của biến dạng cơ, tức là biến dạng của vật rắn do tác dụng của ngoại lực gây ra. Không đi sâu vào cơ chế vi mô của các biến dạng cơ.

Mọi chất rắn ít nhiều đều có tính đàn hồi. Tuy nhiên, mức độ đàn hồi của các vật rắn phụ thuộc nhiều yếu tố như : kích thước và nhiệt độ của vật rắn, cường độ của lực và thời gian tác dụng của lực,... Một lá thép bị uốn hơi cong rồi buông tay ra sẽ biến dạng đàn hồi. Nhưng khi lá thép bị uốn mạnh, uốn lâu, hoặc uốn nóng thì nó sẽ bị biến dạng không đàn hồi. Một thanh tre, một thanh gỗ,... cũng có tính chất tương tự.

2. Chọn một thanh thép có tiết diện S và độ dài ban đầu l_0. Giữ cố định một đầu của thanh thép và kéo đầu còn lại của thanh này bằng một lực $\vec{F}$ làm thanh dãn dài thêm một đoạn Δl. Thực nghiệm chứng tỏ *độ dãn dài tỉ đối* $\varepsilon = \dfrac{|\Delta l|}{l_0}$ của thanh thép không chỉ phụ thuộc cường độ của lực $\vec{F}$ mà còn phụ thuộc tiết diện S của thanh thép, tức là phụ thuộc *ứng suất kéo* $\sigma = \dfrac{F}{S}$ như đồ thị trên Hình 35.1. Đại lượng σ đặc trưng cho tác dụng kéo của lực $\vec{F}$ lên thanh thép và đo bằng đơn vị *paxcan* (Pa) : 1 Pa = 1 N/m^2.



Hình 35.1

Trong giới hạn những biến dạng nhỏ (đoạn thẳng OA), độ dãn tỉ đối $\varepsilon = \dfrac{|\Delta l|}{l_0}$ của thanh thép tăng tỉ lệ với ứng suất σ theo đúng định luật Húc :

$$\frac{|\Delta l|}{l_0} \sim \sigma \text{ hay } \frac{|\Delta l|}{l_0} \sim \frac{F}{S}$$

Từ đó suy ra : $F \sim \dfrac{S|\Delta l|}{l_0}$ hay $F = E\dfrac{S}{l_0}|\Delta l| = k|\Delta l|$,

với k là độ cứng hay hệ số đàn hồi đo bằng đơn vị N/m và E là suất đàn hồi của thanh thép đo bằng đơn vị Pa. Giá trị ứng suất lớn nhất σ_n tại điểm A gọi là *giới hạn tỉ lệ*. Khi tăng ứng suất σ đến các giá trị lớn hơn σ_n, định luật Húc không đúng nữa, nhưng biến dạng vẫn có tính đàn hồi (đoạn AB). Tới giá trị $\sigma > \sigma_{dh}$, biến dạng bắt đầu tăng nhanh và mất tính đàn hồi, nó chuyển sang biến dạng không đàn hồi nên giá trị σ_{dh} gọi là *giới hạn đàn hồi*. Trong đoạn CD, biến dạng tăng mà không cần tăng ứng suất : đó là quá trình biến dạng "chảy" của thanh thép. Sau đó, độ dãn tỉ đối $\varepsilon = \dfrac{|\Delta l|}{l_0}$ tiếp tục tăng theo ứng suất σ cho tới điểm H tại đó $\sigma = \sigma_b$. Vượt quá giá trị σ_b, thanh thép sẽ bị đứt nên giá trị σ_b gọi là *giới hạn bền* của thanh thép.

Lí thuyết "Vật lí chất rắn" đã tính được giới hạn bền σ_b của chất rắn đơn tinh thể, nhưng cho kết quả lớn hơn hàng trăm lần so với giá trị đo bằng thực nghiệm. Nguyên nhân là do trong mạng tinh thể thực có những sai hỏng so với cấu trúc

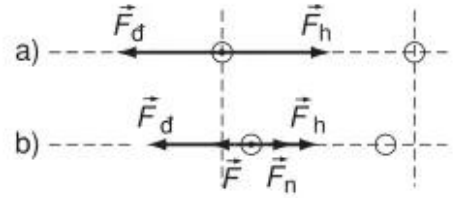
lí tưởng của nó. Những sai hỏng này đã làm giảm độ bền của các chất rắn đơn tinh thể. Độ bền của chất rắn đa tinh thể (kim loại) được quyết định bởi hình dạng của các tinh thể nhỏ và mối liên kết giữa chúng. Sự biến đổi về hình dạng và cách phân bố các tinh thể nhỏ trong quá trình gia công như rèn, dát, tôi, ủ,... sẽ làm thay đổi độ bền của các chất rắn đa tinh thể.

Dựa vào những kết quả khảo sát nêu trên, ta có thể hiểu rõ ý nghĩa thực tiễn của giới hạn bền và hệ số an toàn của các vật liệu rắn trong đời sống và kĩ thuật.

3. Trong bài này, tác giả dùng hai thuật ngữ : *loại* biến dạng và *kiểu* biến dạng để phân biệt hai loại *biến dạng đàn hồi* và *biến dạng không đàn hồi* (hay biến dạng dẻo) với các kiểu biến dạng khác nhau của vật rắn như *kéo, nén, cắt, xoắn* và *uốn*. Biến dạng đàn hồi và biến dạng không đàn hồi liên quan đến tính chất (tính đàn hồi và tính dẻo) của vật rắn, tức là liên quan đến cấu trúc bên trong của vật rắn. Còn các kiểu biến dạng kéo, nén, cắt, xoắn và uốn liên quan đến đặc điểm (điểm đặt, phương, chiều) tác dụng của ngoại lực gây nên biến dạng.

Có thể giải thích cơ chế vi mô của biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo như sau :

Bình thường trong mạng tinh thể vật rắn, những lực hút $\vec{F}_h$ và lực đẩy $\vec{F}_đ$ giữa các hạt cân bằng nhau (Hình 35.2a). Khi mạng tinh thể ion bị nén chẳng hạn thì khoảng cách giữa các ion giảm. Khi đó lực đẩy $\vec{F}_đ$ giữa các ion lớn hơn lực hút $\vec{F}_h$ giữa chúng nên *lực tổng hợp* $\vec{F}$ *là lực đẩy* và có tác dụng chống lại ngoại lực $\vec{F}_n$ tác dụng lên các ion gây nên biến dạng. Các ion sẽ nằm ở những vị trí cân bằng mới dưới tác dụng của lực tổng hợp $\vec{F}$ (Hình 35.2b). Biến dạng càng mạnh, các ion bị lệch khỏi vị trí cân bằng ban đầu càng nhiều và lực tổng hợp $\vec{F}$ càng lớn. Trong giới hạn đàn hồi, sự thay đổi khoảng cách giữa các ion trong mạng tinh thể chưa đủ để phá huỷ sự cân bằng giữa lực tổng hợp $\vec{F}$ của các ion với ngoại lực $\vec{F}_n$. Vì vậy các ion vẫn dao động quanh những vị trí cân bằng mới xác định. Khi ngoại lực $\vec{F}_n$ ngừng tác dụng, lực tổng hợp $\vec{F}$ lại đẩy các ion về những vị trí cân bằng cũ và mạng tinh thể lại hồi phục như ban đầu.



Hình 35.2

Nếu mạng tinh thể bị nén mạnh, các ô mạng cơ bản của nó sẽ bị thay đổi hình dạng đến mức phá vỡ sự liên kết cân bằng giữa các ion. Trong trường hợp này, các ô mạng bị dịch chuyển những khoảng bằng bội số nguyên lần của hằng số mạng

(tức là khoảng cách giữa các nút mạng) và tới trùng khớp với vị trí của các ô mạng khác nên chúng không thể trở lại vị trí ban đầu được nữa. Khi đó biến dạng của vật rắn là biến dạng dẻo.

IV – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Bài này không yêu cầu giải thích cơ chế vi mô của các loại biến dạng cơ. Chỉ cần thông qua những thí nghiệm đơn giản với một lá thép, một thanh tre, một sợi dây cao su,... để minh hoạ ba giai đoạn của biến dạng cơ.

Ví dụ : Với sợi dây cao su nhỏ (dùng buộc hàng) có độ dài ban đầu khoảng 5 ÷ 6 cm và bị kéo dãn bởi trọng lực của các quả nặng treo ở đầu dưới của dây, ta thấy :

– Sợi dây sẽ bị biến dạng đàn hồi khi treo vào nó các quả nặng từ 50 g đến 300 g.

– Sợi dây sẽ bị biến dạng không đàn hồi (hay biến dạng dẻo) khi treo vào nó các quả nặng trên 300 g.

– Sợi dây sẽ bị đứt khi treo vào nó các quả nặng trên 1 000 g.

Chú ý : Những thí nghiệm khảo sát định lượng quá trình biến dạng cơ của một thanh sắt hoặc một sợi dây thép chỉ có thể thực hiện được trong phòng thí nghiệm nghiên cứu về "Sức bền vật liệu" trên các thiết bị kéo – nén kiểu thuỷ lực với những dụng cụ đo cho phép xác định chính xác giá trị của lực gây nên biến dạng.

Hơn nữa từ những kết quả thí nghiệm khảo sát sự biến dạng cơ của vật rắn, cần nêu rõ ý nghĩa thực tiễn của giới hạn đàn hồi, giới hạn bền và hệ số an toàn của những vật liệu rắn được sử dụng trong đời sống và trong kĩ thuật.

2. Bài này cũng không yêu cầu giải thích cơ chế vi mô của các kiểu biến dạng cơ. Chỉ cần so sánh để thấy rõ đặc điểm (điểm đặt, phương, chiều) tác dụng của ngoại lực gây nên mỗi kiểu biến dạng này.

Về mặt định lượng, chỉ cần nêu lên định luật Húc về biến dạng đàn hồi kéo hoặc nén của vật rắn. Có nhiều cách phát biểu định luật Húc, nhưng tác giả chọn cách phát biểu như trong SGK Vật lí 10 vì nó xác nhận trực tiếp được bằng thực nghiệm.

Hơn nữa, cần nhấn mạnh cho HS thấy rõ độ cứng k của vật rắn không chỉ phụ thuộc tính chất của vật rắn (đặc trưng bởi suất đàn hồi E) mà còn phụ thuộc tiết diện S và độ dài ban đầu l_0 của vật rắn.

Vì $|\Delta l| = |l - l_0|$ nên khi $\frac{|\Delta l|}{l_0} = 1$ tức là $l = 2l_0$ thì $E = \sigma$. Như vậy, *suất đàn hồi có độ lớn bằng ứng suất gây ra biến dạng kéo (hoặc nén) làm cho độ dài của vật rắn tăng gấp đôi (hoặc giảm một nửa) so với độ dài ban đầu của nó.*

Chú ý :

Định luật Húc $F = k|\Delta l|$ nêu trong bài 12 SGK chỉ áp dụng cho lò xo, trong đó $|\Delta l|$ là độ biến dạng (dãn dài hoặc co ngắn) của lò xo và hệ số tỉ lệ k là độ cứng (hay hệ số đàn hồi) của lò xo phụ thuộc : chất thép làm lò xo ; số vòng xoắn của lò xo ; đường kính của mỗi vòng xoắn ; tiết diện của dây thép dùng làm lò xo. Tuy nhiên sự phụ thuộc này không được biểu diễn một cách tường minh. Còn định luật Húc $\frac{|\Delta l|}{l_0} = \alpha\sigma$ nêu trong bài này được áp dụng cho một thanh rắn. Hơn nữa nó biểu diễn sự phụ thuộc tường minh của độ cứng k của thanh rắn vào chất liệu và kích thước của thanh rắn.

V – TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

C1 Nếu thanh thép AB chịu tác dụng của lực nén đủ lớn để gây ra biến dạng thì thanh bị co ngắn và có độ dài l nhỏ hơn độ dài ban đầu l_0, đồng thời tiết diện S ở phần giữa của thanh hơi bị phình to ra.

C2 Lần đầu kéo nhẹ để lò xo hơi dãn rồi buông tay ra thì lò xo bị biến dạng đàn hồi.

C3 Một thanh thép chịu tác dụng của lực $\vec{F}$, nếu tiết diện ngang S của thanh càng to thì mức độ biến dạng của thanh càng nhỏ, và ngược lại.

C4 Theo định luật III Niu-tơn, lực đàn hồi $\vec{F}_{đh}$ phải cùng phương, ngược chiều và có độ lớn bằng ngoại lực $\vec{F}$ tác dụng làm vật rắn biến dạng.

1, 2, 3 : Xem bài học.

4. D ; **5.** B ; **6.** D.

7. Áp dụng công thức : $k = E\frac{S}{l_0}$. Thay $S = \frac{\pi d^2}{4}$, ta tính được hệ số đàn hồi k của sợi dây thép :

$$k = E\frac{\pi d^2}{4l_0} = \frac{2.10^{11}.3,14.(1,5.10^{-3})^2}{4.5,2} \approx 68.10^3 \text{ N/m}.$$

8. Áp dụng công thức : $F_{đh} = k|\Delta l|$. Vì $F_{đh} = P = mg$, nên suy ra khối lượng m của vật nặng phải bằng :

$$m = \frac{k|\Delta l|}{g} = \frac{100.1.10^{-2}}{10} = 0{,}10 \text{ kg}$$

9. Áp dụng định luật Húc : $\sigma = E\dfrac{|\Delta l|}{l_0}$, ta suy ra : $\dfrac{\Delta l}{l_0} = \dfrac{\sigma}{E} = \dfrac{1}{E}\dfrac{F}{S}$.

Thay $S = \dfrac{\pi d^2}{4}$, ta tìm được độ biến dạng tỉ đối của thanh thép bằng :

$$\frac{|\Delta l|}{l_0} = \frac{1}{E}\frac{4F}{\pi d^2} = \frac{1}{2.10^{11}} \cdot \frac{4.1{,}57.10^5}{3{,}14.(20.10^{-3})^2} = 0{,}25.10^{-2}$$